

## • 临床研究 •

## 超声多模态成像对心肌梗死患者缺血节段识别及左心功能评估的作用

刘建平 洪丹丹 邱金梅 郑美端

**【摘要】 目的** 探讨联合应用经胸超声心动图 (TTE)、二维斑点追踪成像技术 (2D-STI) 及肺超声对不同类型心肌梗死 (MI) 缺血节段识别、左心功能评估的临床应用价值。**方法** 随机选取福建省泉州市第一医院心内科 MI 患者 93 例, 其中非 ST 抬高型心梗 (NSTEMI) 45 例、ST 抬高型心梗 (STEMI) 48 例。所有患者均在冠脉造影前 24 h 内行 TTE、2D-STI 及肺超声检查; TTE 观察是否有节段性室壁运动异常 (RWMA), 并测量左室射血分数 (LVEF)、左房容积指数 (LAVI)、肺动脉收缩压 (PASP)、二尖瓣血流 E 峰、二尖瓣环 e' 峰并计算 E/e'; 2D-STI 分析左室壁各节段心肌纵向峰值应变 (LPS)、整体纵向峰值应变 (GLPS); 肺超声观察并计算肺 B 线积分; 入院时急查 B 型钠肽 (BNP)。比较 TTE、2D-STI 判断为缺血节段与冠脉造影结果的符合率; 分析两组患者 TTE 参数、GLPS、肺 B 线积分及 BNP 间的相关性。**结果** NSTEMI 组 2D-STI 缺血节段符合率较 TTE 升高 ( $P < 0.05$ ); 在 NSTEMI 组, LVEF 与 GLPS、肺 B 线积分、BNP 呈弱相关性, 而在 STEMI 组均呈较强的相关性; 在两组患者中, GLPS、肺 B 线积分均与 BNP 呈较强的正相关关系, 肺 B 线积分与 E/e'、LAVI、PASP 相关性较强。**结论** TTE 联合 2D-STI 能提高 NSTEMI 患者缺血节段的识别率; 联合肺超声能为 MI 患者左心功能及肺淤血程度的评估提供客观的影像学依据; 对 MI 患者进行超声多模态成像具有一定的临床意义。

**【关键词】** 心肌梗死; 节段性室壁运动异常; 二维斑点追踪显像; 左心功能; 肺超声

**【中图分类号】** R445.1 **【文献标识码】** B **【文章编号】** 1002-2600(2024)02-0014-05

## Ultrasonic multimodal imaging in the identification of ischemic segments and the evaluation of left ventricular function in patients with myocardial infarction

LIU Jianping, HONG Dandan, QIU Jinmei, ZHENG Meiduan

Department of Echocardiography, Quanzhou First Hospital, Quanzhou, Fujian 362000, China

**【Abstract】 Objective** To investigate the clinical application value of transthoracic echocardiography (TTE), two-dimensional speckle tracking imaging (2D-STI) and lung ultrasound in the identification of ischemic segments and assessment of left ventricular function in different types of myocardial infarction (MI). **Methods** A total of 93 patients with MI in the Cardiology Department of Quanzhou First Hospital were randomly selected, including 45 cases of NSTEMI and 48 cases of STEMI. All patients underwent TTE, 2D-STI, and lung ultrasound within 24 hours prior to coronary angiography. TTE was used to observe whether there was regional wall motion abnormalities (RWMA), and the left ventricular ejection fraction (LVEF), left atrial volume index (LAVI), pulmonary artery systolic blood pressure (PASP), mitral valve flow E peak, mitral annulus e' peak were measured and E/e' was calculated. 2D-STI was used to analyze the longitudinal peak strain (LPS) and global longitudinal peak strain (GLPS) of each segment of the left ventricular wall; Pulmonary ultrasound was used to observe and calculate the B-line integral of the lungs; B-type natriuretic peptide (BNP) was urgently checked upon admission. The coincidence rate between STE and 2D-STI was compared with the results of coronary angiography, and the correlation between TTE parameters, GLPS, lung B-line score and BNP in the two groups was analyzed. **Results** The coincidence rate of 2D-STI ischemia segment in the NSTEMI group was significantly higher than that of TTE ( $P < 0.05$ ), LVEF was weakly correlated with GLPS, lung B-line integral and BNP in the NSTEMI group, but the correlation were strong in the STEMI group. GLPS and pulmonary B-line scores were strongly positively correlated with BNP, and pulmonary B-line scores were strongly correlated with E/e', LAVI and PASP in the two groups. **Conclusion** TTE combined with 2D-STI can improve the identification rate of ischemic segments in patients with NSTEMI; TTE combining with lung ultrasound can provide an objective imaging basis for the evaluation of left heart function and pulmonary congestion in MI patients; and ultrasound multimodal imaging in MI patients has certain clinical significance.

作者单位: 福建省泉州市第一医院心脏彩超室, 泉州 362000

DOI: 10.20148/j.fmj.2024.02.004

【Key words】myocardial infarction; regional wall motion abnormalities; two-dimensional speckle tracking imaging; left heart function; lung ultrasound

冠心病发病率呈递增及年轻化趋势，是危害人类健康的主要心血管病之一。常规经胸超声心动图（transthoracic echocardiography, TTE）诊断冠心病的主要依据为是否有室壁运动异常（regional wall motion abnormalities, RWMA），但往往有部分非 ST 抬高型心梗（non-ST elevation myocardial infarction, NSTEMI）可无 RWMA 表现，心腔大小、左室射血分数（left ventricular ejection fraction, LVEF）等亦无阳性发现，这与心肌缺血仅存在于心内膜下有关。因此，TTE 对该类患者的诊断及左心功能的评估存在局限性。国内外多项研究证实斑点追踪（spot tracking imaging, STI）成像技术定量分析左室局部及整体心肌应变、应变率，对心肌缺血部位的识别较常规 TTE 敏感，可用于心肌病的诊断及左心功能的评估。然而，即使 TTE 联合 STI 成像技术依然不能提示左心功能不全所致的肺淤血程度。既往研究表明，肺超声通过 B 线积分来评估肺间质水肿程度，具有可量化且重复性高的优势<sup>[1-2]</sup>，近年来被用于急性心肌梗死左心功能及危险分层的评估<sup>[3]</sup>。本研究旨在探讨联合

应用 TTE、2D-STI 及肺超声对不同类型心肌梗死患者缺血节段识别、左心功能评估的临床应用价值。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

随机选取 2023 年 1—7 月福建省泉州市第一医院心血管内科收治的首发冠心病急性心肌梗死患者 93 例。纳入标准：（1）经冠脉造影证实的首发急性心肌梗死；（2）窦性心律，心率 60~100 次/min；（3）图像质量清晰；（4）患者及家属知情并签署知情同意书。排除标准：患有瓣膜病、严重心律失常、心肌病、高血压性心脏病、先天性心脏病、胸廓畸形、肺肿瘤、肺气肿、肺实变、胸腔积液的患者。依据心电图 ST 段形态分为 NSTEMI 组 45 例、ST 段抬高型心梗（ST elevation myocardial infarction, STEMI）组 48 例。两组受试者年龄、性别构成比、体质量指数（body mass index, BMI）、高血压比例、糖尿病比例、高血脂比例等一般资料比较，差异均无统计学意义（ $P>0.05$ ），详见表 1。

表 1 两组受试者一般资料比较

组别	例数	男性人数	年龄/ (岁, $\bar{x} \pm s$ )	BMI/ ( $\text{kg}/\text{m}^2$ , $\bar{x} \pm s$ )	高血压/例	糖尿病/例	高血脂/例
NSTEMI 组	45	34	64.38 $\pm$ 7.26	23.61 $\pm$ 1.65	21	22	29
STEMI 组	48	36	60.58 $\pm$ 7.51	23.88 $\pm$ 1.34	25	19	33
统计参数值		$\chi^2=0.004$	$t=-0.314$	$t=-0.754$	$\chi^2=0.273$	$\chi^2=0.816$	$\chi^2=0.194$
P 值		0.951	0.894	0.453	0.602	0.366	0.661

### 1.2 方法

收集所有受试者的性别、年龄、身高、体质量、血压、B 型钠尿肽（B-type natriuretic peptide, BNP）、心电图、心肌酶、三酰甘油、胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇、吸烟史、糖尿病史、高血压病史及冠脉造影结果。

受检者取左侧卧位，采用 PHILIPS EPIQ 7C、EPIQ 5、CX50 型彩色多普勒超声诊断仪、S5-1 探头进行检查。连接心电图，在冠脉造影前 24 h 内行 TTE、2D-STI 及肺超声检查，观察是否有 RWMA，测量左室舒张末内径（left ventricular end-diastolic diameter, LVEDD），双平面 Simpson 法测量左室射血分数（LVEF）、每搏量指数（stroke volume index, SVI）、左房容积指数（left atrial

volume index, LAVI）、二尖瓣舒张早期前向血流 E 峰、二尖瓣环室间隔侧舒张早期 e' 峰（septale'）及侧壁侧舒张早期 e' 峰（laterale'）并计算 E/e' 平均值；存储心尖四腔心切面、两腔心切面及三腔心切面 5 个心动周期 DICOM 格式动态图，且帧频大于 50 Hz。将图像导入 Qlab10.5 工作站进行分析，得出左室壁收缩期基底段、中段、心尖段纵向峰值应变（longitudinal peak strain, LPS）及整体纵向峰值应变（global longitudinal peak strain, GLPS）；参考《超声心动图评估心脏收缩和舒张功能临床应用指南》<sup>[4]</sup>，将  $\text{LPS}>-20\%$  定义为缺血节段，输出牛眼图（如图 1 所示）。患者取平卧位，以左右腋前线及腋后线为界，自胸骨旁线至腋前线将胸壁分为前区，自腋前线至腋后线将胸壁分为侧区，再

以左右乳头水平线为界, 将两侧胸壁分为 8 区。使用 S5-1 探头沿肋间扫查, 记录彗星尾征条数 (即肺 B 线条数, 见图 1)。参考 Enghard 等<sup>[5]</sup>的方法评估 B 线积分, 最后将 8 区评分相加得出总分。

### 1.3 观察指标

RWMA、LVEDD、LVEF、SVI、LAVI、二尖瓣舒张早期前向血流 E 峰、二尖瓣环室间隔侧舒张早期 e' 峰及侧壁侧舒张早期 e' 峰并计算 E/e' 平均值; 左室壁收缩期基底段、中段、心尖段纵向峰值应变 (LPS) 及整体纵向峰值应变 (GLPS); 肺彗星尾征条数 (既肺 B 线条数)。

### 1.4 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件进行统计处理分析。计量资料经正态性及方差齐性检验, 采用均数±标准差表示, 其组间比较行 *t* 检验, 多组间比较及组内比较采用单因素方差分析; 计数资料采用卡方检验; 相关性分析采用 Pearson 检验。检验水准  $\alpha=0.05$  (双侧)。

## 2 结果

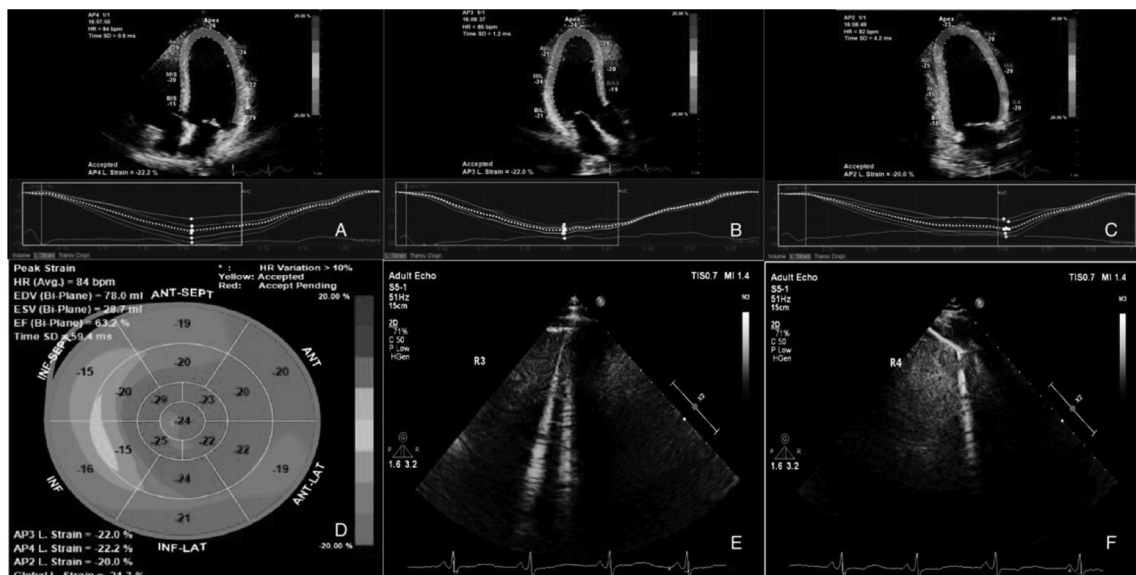
### 2.1 TTE、2D-STI 与冠脉造影一致性比较

如表 2 所示, TTE 发现 RWMA 且与冠脉造影

狭窄血管支配节段一致的患者, NSTEMI 组为 33 例, 一致率 73.33%, 12 例未发现 RWMA; STEMI 组 43 例, 一致率为 89.58%, 5 例未发现 RWMA, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ )。2D-STI 分析 LPS $>-20\%$  的节段且与冠脉造影狭窄血管支配节段一致的患者, NSTEMI 组为 41 例, 一致率为 91.11%, STEMI 组 45 例, 一致率为 93.75%, 差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。在 NSTEMI 组, 与 TTE 比较, 2D-STI 与冠脉造影的一致率显著升高, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ ); 在 STEMI 组, TTE 与 2D-STI 相比, 与冠脉造影的一致率差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。

表 2 两组受试者 TEE、2D-STI 与冠脉造影一致性比较 [例 (%) ]

组别	RWMA	LPS 阳性	$\chi^2$ 值	<i>P</i> 值
NSTEMI 组 (n=45)	33 (73.33)	41 (91.11)	4.713	0.039
STEMI 组 (n=48)	43 (89.58)	45 (93.75)	0.457	0.581
$\chi^2$ 值	4.106	0.232		
<i>P</i> 值	0.043	0.63		



注: GlobalL. Strain 为整体纵向应变, AP4 L. Strain、AP3 L. Strain、AP2 L. Strain 分别表示心尖四腔心、三腔心及两腔心纵向应变。A、B、C 分别为左室心尖四腔心、三腔心纵向应变及两腔心纵向应变, D 为输出牛眼图, E、F 为肺超声。患者男, 54 岁, 临床诊断 NSTEMI, TTE 未发现 RWMA, 2D-STI 分析后间隔基段、左室下壁基段及中段 LPS 分别为  $-15\%$ 、 $-16\%$ 、 $-15\%$ , 提示为心肌缺血节段, 与冠脉造影结果一致; 肺超声见右侧 3 区、4 区共 3 条彗星尾征 (B 线)。

图 1 2D-STI 及肺超声对 NSTEMI 缺血节段的识别、左心功能评估

### 2.2 TTE 参数、GLPS、肺 B 线积分、BNP 的比较

两组受试者 LVEDD、LVEF、SVI、LAVI、

E/e'、PASP 差异均有统计学意义 ( $P<0.05$ )。与 NSTEMI 组比较, STEMI 组 LVEF 更低, GLSP、

B 线积分、BNP 水平均更高, 差异有统计学意义 (均  $P < 0.05$ ), 见表 3。

表 3 两组受试者 TTE 参数、2D-STI、B 线积分、BNP 参数比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	LVEDD/ mm	LVEF (%)	SVI/ (mL/m <sup>2</sup> )	LAVI/ (mL/m <sup>2</sup> )	E/e'	PASP	GLPS (%)	B 线积分	BNP/ (pg/mL)
NSTEMI 组 (n=45)	49.96±4.51	49.80±8.01	46.53±8.02	35.53±6.98	11.44±2.54	39.73±9.38	-17.83±2.40	7.844±5.06	584.82±520.77
STEMI 组 (n=48)	52.31±3.94	44.98±6.05	42.39±7.15	40.67±8.13	13.08±2.72	43.41±8.19	-16.90±1.52	11.06±5.45	139.48±834.76
<i>t</i> 值	-2.689	3.287	2.628	-3.257	-3.000	-2.019	-2.273	-2.943	-3.815
<i>P</i> 值	0.009	0.001	0.010	0.002	0.003	0.040	0.020	0.004	<0.001

### 2.3 相关性分析

在 NSTEMI 组, LVEF 与 GLPS、肺 B 线积分、BNP 呈负相关 ( $r$  值分别为 -0.37、-0.35、-0.39), GLPS、肺 B 线积分均与 BNP 呈正相关 ( $r$  值分别为 0.31、0.54), 肺 B 线积分与舒张功能指标 E/e'、LAVI、PASP 呈正相关 ( $r$  值分别为 0.77、0.75、0.84); 在 STEMI 组, LVEF 与 GLPS、肺 B 线积分、BNP 呈负相关 ( $r$  值分别为 -0.71、-0.76、-0.81), GLPS、肺 B 线积分均与 BNP 呈正相关 ( $r$  值分别为 0.81、0.76), 肺 B 线积分与舒张功能指标 E/e'、LAVI、PASP 呈正相关 ( $r$  值分别为 0.35、0.41、0.37)。

### 3 讨论

经胸超声心动图 (TTE) 对冠心病急性心肌梗死的诊断、心功能评价及并发症的发现具有重要的临床意义。其中, 节段性室壁运动异常 (RWMA) 是 TTE 诊断心肌缺血部位的重要依据, 对 STEMI 患者具有较高的灵敏度和特异度。与 STEMI 不同, NSTEMI 不具备典型的心电图表现, 患者冠状动脉堵塞程度不同, 临床表现差异性大, 使得其诊疗更加复杂, 远期预后更差<sup>[6]</sup>。心肌急性缺血仅局限于心内膜下时, TTE 可无 RWMA 表现, 主要原因是轻微的节段性室壁运动异常往往无法被肉眼识别, 且具有较强的主观性和对医生经验的依赖性, 故难以满足临床需求。2D-STI 能够克服上述缺点, 可敏感地、准确地识别心肌缺血部位, 对冠心病急性心肌梗死的早期诊断和心功能评价有重要价值。然而, 心内膜下心肌呈纵向排列, 其冠脉血供具有位于远端且容易受到心室收缩时挤压的特点, 较其他两层心肌缺血发生率高、时间早且更严重<sup>[7]</sup>。纵向收缩功能在左室心肌整体功能中占主导作用<sup>[8]</sup>。冠脉狭窄后, 首先受影响的是该层心肌支配的长轴纵向运动。这为本研究采用 2D-STI 分析左室心肌纵向应变提供了理论基础。

心肌梗死 (MI) 引起的左心功能不全患者肺部可闻及湿性啰音, 提示肺淤血。临床常用 Killip 法进行心功能分级, 该方式简便易行, 但不是客观的影像学证据。研究表明, 肺超声 B 线积分可用于急性左心衰竭患者左心功能评估<sup>[9]</sup>, 它能敏感地反映患者肺间质水肿的严重程度, 且与急性左心衰患者 BNP 水平相关性最强, 与 E/e' 的相关性次之<sup>[10]</sup>。肺部超声联合 LVEF 能良好地预测肺毛细血管楔压水平<sup>[11]</sup>。

本研究发现: (1) 93 例首发 MI 患者中有 17 例经 TTE 检查未发现 RWMA, 其中 12 例出现在 NSTEMI 组中, 这验证了单纯 TTE 检查对 NSTEMI 缺血节段的识别存在局限性。然而, 2D-STI 分析两组 MI 患者纵向应变阳性节段与冠脉造影狭窄血管支配节段一致率高, 且组间差异无统计学意义, 在 NSTEMI 组明显优于 TTE。(2) 在左心功能评估的比较中, 两组患者 GLPS 均与 BNP 呈较强的相关性。在 STEMI 组, LVEF 与 BNP 相关性较强, 表明 LVEF 能较好地反映此类患者的左室收缩功能; 在 NSTEMI 组, LVEF 与 BNP 呈弱相关性, 这可能与 TTE 在该组有 12 例未发现 RWMA 有关, 这些患者 LVEF 均在正常范围, 然而 2D-STI 提示相关节段 LPS 增大且与冠脉造影结果相符, 这验证了既往研究所表明的 2D-STI 对 NSTEMI 患者左室收缩功能的评价较 TTE 敏感的观点。(3) 两组 MI 患者肺 B 线积分与 LVEF、GLPS、BNP、舒张功能指标相关。在 NSTEMI 组, B 线积分与 LVEF、GLPS 相关性弱, 与 BNP 及舒张功能指标的相关性较强, 这可能提示, NSTEMI 患者舒张功能减低较收缩功能发生得更早, 且以舒张功能减低为主导; 在 STEMI 组, 肺 B 线积分与 LVEF、GLPS、BNP 相关性较强, 与舒张功能指标的相关性较弱, 这可能与 STEMI 患者收缩功能减低较明显有关。上述发现表明肺淤血

程度（肺 B 线积分）与 MI 后左室收缩和/或舒张功能减退、左室充盈压及肺毛细血管楔压水平升高有关，能为这两种类型的 MI 患者左室收缩及舒张功能评价提供依据。

综上所述，TTE 联合 2D-STI 不仅能提高 NSTEMI 患者缺血节段的识别率，还能更敏感地反映左心功能的潜在变化；联合肺超声能为 MI 患者左心功能及肺淤血程度的评估提供客观的影像学依据；对 MI 患者进行超声多模态成像具有一定的临床意义。

#### 参考文献

- [1] 曾丽钦, 吕国荣, 连细华, 等. 超声 B 线征与肺水肿严重程度的相关性 [J]. 中国超声医学杂志, 2019, 35 (2): 272-274.
- [2] 方一, 吕迪, 周海东, 等. 心肺联合超声与 PICCO 对急危重症患者监测结果的相关性 [J]. 中华重症医学电子杂志 (网络版), 2021, 7 (2): 110-114.
- [3] 丁琦, 王淑红, 张欢欢, 等. 肺超声在急性心肌梗死患者危险分层及预后评估中的应用 [J]. 中国心血管杂志, 2020, 25 (3): 248.
- [4] 中华医学会超声医学分会超声心动图组. 超声心动图评估心脏收缩和舒张功能临床应用指南 [J]. 中华超声影像学杂志, 2020, 29 (6): 461-477.
- [5] ENGHARD P, RADEMACHER S, NEE J, et al. Simplified lung ultrasound protocol shows excellent prediction of extravascular lung water ventilated intensive care patients [J]. Crit-Care, 2015, 19 (1): 36.
- [6] MCMANUS D D, GORE J, YARZEBSKI J, et al. Recent trends in the incidence, treatment, and outcomes of patients with STEMI and NSTEMI [J]. Am J Med, 2011, 124 (1): 40-47.
- [7] 江业慧, 张平阳, 冉红, 等. 基于 AFI 的无室壁运动异常冠心病患者左室心肌运动及其与冠脉狭窄程度间关系的研究 [J]. 中国超声医学杂志, 2020, 36 (2): 125-128.
- [8] MA C Y, LIU S, YANG J, et al. Evaluation of global longitudinal strain of left ventricle and regional longitudinal strain in the region of left ventricular leads predicts the response to cardiac re-synchronization therapy in patients with ischemic heart failure [J]. Cell Biochemistry and Biophysics, 2014, 70 (1): 143-148.
- [9] 庄燕, 戴林峰, 陈明祺, 等. 床旁肺超声 B 线积分对急性左心衰竭的诊断价值 [J]. 中华危重病急救医学, 2018, 30 (2): 156-159.
- [10] 杨菲菲, 王秋霜, 黄党生, 等. 应用肺部超声的肺水 B 线与 N 末端 B 型利钠肽原和 E/e' 评价急性心力衰竭患者肺水肿的相关研究 [J]. 中国循环杂志, 2018, 33 (4): 355-359.
- [11] VOLPICELLI G, SKURZAK S, BOERO E, et al. Lung ultrasound predicts well extravascular lung water but is of limited usefulness in the prediction of wedge pressure [J]. Anesthesiology, 2014, 121 (2): 320-327.

## • 临床研究 •

# 针刀治疗膝骨性关节炎的临床疗效及机制研究

张良志<sup>1,2</sup> 刘 洪<sup>1,2</sup> 杨金硕<sup>3</sup> 刘 晶<sup>1</sup> 余文英<sup>2</sup> 李阳阳<sup>2</sup> 谢梓毅<sup>2</sup> 施橙维<sup>2</sup> 修忠标<sup>1,2</sup>

**【摘 要】 目的** 观察针刀治疗膝关节骨性关节炎临床疗效，并探讨针刀治疗膝骨性关节炎的机制。**方法** 通过招募正常人 10 例、膝骨性关节炎 (KOA) 患者 40 例，分为正常组、针刀组。正常组直接抽取关节积液；针刀组予针刀治疗，7 d 为 1 个疗程，持续 3 个疗程。针刀组中随机抽取 10 例在治疗前、3 个疗程结束后抽取关节积液。对针刀治疗前后股直肌剪切波成像 (SWE)、视觉模拟评分法 (VAS)、骨关节炎指数 (WOMAC) 进行对比，以评价治疗的效果。对关节液行 Western blot 检测关节液中 IL-1 $\beta$ 、Caspase-1 蛋白表达，差异蛋白筛选和 KEGG 富集分析。**结果** 与治疗前相比，治疗后 SWE 值、VAS 评分、WOMAC 评分明显下降，差异均具有统计学意义 ( $P < 0.05$ )；治疗后股直肌硬度较治疗前下降。针刀能够下调 KOA 患者关节液中 IL-1 $\beta$ 、Caspase-1 蛋白的表达，发挥抗炎、保护软骨的作用。KEGG 富集分析显示参与 KOA 病变的信号通路主要为 PPAR 信号通路、MAPK 信号通路。**结论** 针刀治疗膝骨性关节炎有较好临床疗效，同时针刀能够通过下调软骨相关信号通路的蛋白靶点的表达，降低关节内炎症反应。

**基金项目：**2019 年度国家中医临床研究基地专项科研课题 (JDZX201932)

**作者单位：**1 福建中医药大学附属人民医院骨伤科，福州 350004；2 福建中医药大学中医骨伤及运动康复教育部重点实验室，福州 350122；3 福建中医药大学，福州 350122

**通信作者：**修忠标，Email: xzbdoctor@ sina.com

**DOI:** 10.20148/j.fmj.2024.02.005